

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра екології, охорони навколишнього середовища
та здорового способу життя

"Допущено до захисту"
Зав. кафедрою екології, ОНС та ЗСЖ
к.б.н., доцент
_____Ольга МЕДВЕДЄВА
«_____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої
освіти

на тему
Дослідження технологій екологізації приватного
будинку

Виконала здобувачка вищої освіти
_____4_ курсу, групи _____ЕО-20
ОПП «_____Екологія_____»
спеціальності 101 «Екологія»
_____Таран А.Р.
«_____» _____ 2024 р.

Керівник роботи
доцент, канд. тех. наук
_____Антоніна ДУБИНА
«_____» _____ 2024 р.

Рецензент: доцент, канд.с.-г.наук
_____Віта РЕЗНІЧЕНКО
«_____» _____ 2024 р.

Кропивницький - 2024

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя
Рівень вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 10 Природничі науки
Спеціальність 101 - Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«___» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Таран Аміна Русланівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Дослідження технологій екологізації приватного будинку»**
2. Керівник роботи Дубина А.О., доцент, к. б. н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 31.05.2024 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Метою роботи є дослідження сучасних технологій екологізації приватного будинку та оцінка їх ефективності з точки зору економічних, екологічних та соціальних аспектів.

Завдання:

1. Вивчити теоретичні основи екологізації житлових будівель та проаналізувати основні принципи екологічного будівництва.
2. Дослідити сучасні екологічні технології для приватного будинку, такі як енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, екологічні матеріали та системи повторного використання води.
3. Провести аналіз світового досвіду екологізації приватних будинків та розглянути можливість застосування зарубіжних практик в Україні.
4. Провести розрахунки та оцінити економічну ефективність впровадження екологічних технологій у приватних будинках.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд інформаційних джерел за обраною темою	17.04.2024 р.	
2	Написання розділу 1.	25.04.2024 р.	
3	Пошук інформації та написання розділу 2.	30.04.2024 р.	
4	Проведення досліджень та написання розділу 3	06.05.2024 р.	
5	Оформлення вступу	17.05.2024 р.	
6	Формулювання висновків	20.05.2024 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2024 р.	
8	Оформлення слайдів презентації та доповіді	29.05.2024 р.	

Дата видачі завдання
« ____ » _____ 2024 р.

Підпис керівника
_____ Дубина А.О.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« ____ » _____ 2024 р.

Підпис здобувача
_____ Таран А.Р.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Дослідження технологій екологізації приватного будинку»

Кваліфікаційна робота виконана на 45 сторінках, містить 10 рисунків, 30 літературних джерел, 3 додатки.

Об'єктом дослідження є екологізація приватних будинків.

Метою дослідження є дослідження сучасних технологій екологізації приватного будинку та оцінка їх ефективності з точки зору економічних, екологічних та соціальних аспектів.

У вступі розкривається актуальність теми, мета і задачі дослідження.

У першому розділі зроблено огляд літератури за темою дослідження.

У другому розділі наведено оцінку практичні аспекти впровадження екологічних технологій у приватний будинок.

У третьому розділі здійснено розрахунки та економічна ефективність впровадження екологічних технологій

У висновках наведені результати кваліфікаційної роботи.

ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ БУДИНКУ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ,
СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ, СИСТЕМИ ЗБОРУ ВОДИ

ЗМІСТ

Вступ	7
Розділ 1. Теоретичні основи екологізації приватного будинку.....	10
1.1. Поняття та принципи екологізації житлових будівель.....	10
1.2. Основні екологічні технології для приватного будинку.....	11
1.2.1. Енергоефективність та енергозбереження.....	11
1.2.2. Використання відновлюваних джерел енергії.....	12
1.2.3. Екологічні матеріали та конструкції.....	13
1.3. Світовий досвід екологізації приватних будинків.....	13
1.4. Нормативно-правове забезпечення екологізації будівель в Україні	22
Розділ 2. Практичні аспекти впровадження екологічних технологій у приватний будинок.....	24
2.1. Технології відновлюваної енергії для приватних будинків.....	24
2.1.1. Сонячні панелі.....	24
2.1.2. Сонячні колектори.....	25
2.1.3. Вітрові генератори.....	26
2.2. Системи збирання та використання дощової води.....	27
2.3. Використання екологічних будівельних матеріалів.....	27
2.4. Технології повторного використання води.....	29
2.4.1. Системи повторного використання води після миття рук для бачків унітазів.....	29
2.4.2. Технології очищення та повторного використання води для поливу.....	30
2.5. Приклади успішних проєктів екологічних будинків в Україні.....	30
Розділ 3. Розрахунки та економічна ефективність впровадження екологічних технологій.....	33
3.1. Розрахунок встановлення сонячних панелей.....	33
3.1.1. Вибір обладнання.....	33

3.1.2. Розрахунок потужності та ефективності.....	36
3.1.3. Витрати на встановлення та обслуговування.....	37
3.1.4. Окупність інвестицій та економічна вигода.....	37
3.2. Розрахунок встановлення сонячних колекторів для гарячого водопостачання.....	38
3.2.1. Вибір обладнання.....	38
3.2.2. Розрахунок необхідної потужності.....	39
3.2.3. Витрати на встановлення та обслуговування.....	39
3.2.4. Економія на енергоресурсах.....	40
3.3. Розрахунок впровадження систем повторного використання води	40
3.3.1. Вибір обладнання та системи.....	40
3.3.2. Розрахунок витрат на встановлення та обслуговування.....	41
3.3.3. Економія водних ресурсів та зменшення витрат на водопостачання.....	41
3.4. Порівняльний аналіз різних технологій екологізації.....	42
3.5. Рекомендації щодо впровадження екологічних технологій у приватні будинки в Україні.....	42
Висновки.....	44
Список використаних джерел.....	

ВСТУП

У сучасному світі екологічні проблеми набувають все більшої актуальності. Підвищення рівня забруднення довкілля, зміна клімату, вичерпання природних ресурсів – всі ці фактори вимагають нових підходів до ведення господарської діяльності, зокрема, у сфері будівництва та житлового господарства. Екологізація приватних будинків є одним із найважливіших напрямків сталого розвитку, що сприяє зниженню негативного впливу людини на природу та покращенню якості життя.

Основна мета екологізації будівництва – створення комфортного та безпечного житлового середовища з мінімальним споживанням ресурсів і низьким рівнем забруднення. Для досягнення цієї мети використовуються різні технології, серед яких енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, екологічні матеріали та повторне використання ресурсів.

Енергоефективність приватного будинку досягається завдяки впровадженню новітніх технологій утеплення, використанню енергоефективних вікон та дверей, а також застосуванню систем управління енергоспоживанням. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, вітрові генератори та геотермальні системи, дозволяє значно зменшити залежність від викопних видів палива та знизити викиди парникових газів.

Екологічні будівельні матеріали, зокрема, натуральні утеплювачі, екологічно чисті фарби та оздоблювальні матеріали, не тільки знижують негативний вплив на довкілля, але й створюють здорове мікроклімат у будинку. Повторне використання води та інших ресурсів сприяє зменшенню витрат на комунальні послуги та зниженню навантаження на природні ресурси.

Важливим аспектом екологізації приватних будинків є також нормативно-правове забезпечення. В Україні вже розроблено ряд стандартів

та нормативних документів, що регулюють будівництво екологічно чистих будинків, проте цей напрямок потребує подальшого вдосконалення.

Метою даної роботи є дослідження сучасних технологій екологізації приватного будинку та оцінка їх ефективності з точки зору економічних, екологічних та соціальних аспектів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Вивчити теоретичні основи екологізації житлових будівель та проаналізувати основні принципи екологічного будівництва.
2. Дослідити сучасні екологічні технології для приватного будинку, такі як енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, екологічні матеріали та системи повторного використання води.
3. Провести аналіз світового досвіду екологізації приватних будинків та розглянути можливість застосування зарубіжних практик в Україні.
4. Провести розрахунки та оцінити економічну ефективність впровадження екологічних технологій у приватних будинках.

Об'єктом дослідження є екологізація приватних будинків.

Предметом дослідження є сучасні технології екологізації будинків.

Дослідження технологій екологізації приватного будинку вимагає комплексного підходу, що включає використання різноманітних наукових методів.

Основними **методами** цього дослідження є: аналіз літератури та нормативно-правових документів, метод порівняльного аналізу, розрахунковий метод, системний підхід.

Практична значущість: результати цього дослідження можуть бути корисними для розробників проектів екологічних будинків, будівельних компаній, власників приватних будинків, а також для державних органів, що займаються питаннями екології та енергозбереження. Дослідження сприятиме

підвищенню рівня екологічної свідомості населення та впровадженню передових технологій у будівельній галузі України.

Результати роботи доповідались на Екологічному форумі «Екологія Кіровоградщини» 17 квітня 2024 р.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

1.1. Поняття та принципи екологізації житлових будинків

Екологізація житлових будинків є однією з найважливіших складових сталого розвитку суспільства. Під цим поняттям розуміється процес застосування технологій, матеріалів та методів, які знижують негативний вплив на довкілля та покращують якість життя мешканців.

Екологізація житлових будинків сприяє зменшенню енергоспоживання, зниженню викидів шкідливих речовин, покращенню мікроклімату та підвищенню загального рівня комфорту [1, 5].

Основні принципи екологізації житлових будівель включають:

1. Енергоефективність: оптимальне використання енергії для забезпечення комфортних умов проживання. Це досягається шляхом застосування енергоефективних систем опалення, вентиляції, освітлення та побутових приладів.

2. Використання відновлюваних джерел енергії: інтеграція в конструкцію будівель технологій, що використовують сонячну, вітрову, гідро- та геотермальну енергію. Це дозволяє значно зменшити залежність від викопних джерел енергії та зменшити викиди парникових газів.

3. Екологічні матеріали: використання будівельних матеріалів, які мають низький вуглецевий слід, є відновлюваними або легко піддаються переробці. Це сприяє зниженню впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

4. Управління водними ресурсами: використання систем збирання та повторного використання дощової води, зменшення споживання питної води шляхом впровадження водозберігаючих приладів та технологій.

5. Комфорт та здоров'я мешканців: створення умов для здорового проживання, включаючи забезпечення чистого повітря, оптимального рівня вологості та температури, зменшення рівня шуму та використання натуральних матеріалів.

1.2. Основні екологічні технології для приватного будинку

Екологізація приватного будинку включає широкий спектр технологій та рішень, які дозволяють знизити негативний вплив на довкілля та забезпечити комфортні умови проживання. Розглянемо основні з них.

1.2.1. Енергоефективність та енергозбереження

Енергоефективність будівель є одним з ключових напрямів екологізації, оскільки будівлі споживають значну частину всіх енергоресурсів. Основні аспекти енергоефективності включають:

1. Теплоізоляція: якісна теплоізоляція стін, підлоги, даху та вікон дозволяє значно зменшити тепловтрати. Це знижує витрати на опалення взимку та охолодження влітку.

2. Енергоефективні вікна та двері: використання вікон та дверей з подвійним або потрійним склінням, герметичними ущільнювачами та низькоемісійними покриттями забезпечує збереження тепла.

3. Системи опалення, вентиляції та кондиціонування (ОВК): Використання сучасних систем ОВК, що мають високу ефективність, таких як теплові насоси, конденсаційні котли, рекуператори тепла, дозволяє значно знизити енергоспоживання.

4. Інтелектуальні системи керування: автоматизація управління освітленням, опаленням, вентиляцією та іншими системами будинку дозволяє оптимізувати їх роботу та знизити енергоспоживання [7, 9].

5. Енергозберігаючі прилади: використання побутових приладів класу A+++ та інших енергоефективних пристроїв дозволяє зменшити витрати на електроенергію (рис. 1)



Рис. Енергоефективність побутових приладів

1.2.2. Використання відновлюваних джерел енергії

Відновлювані джерела енергії грають ключову роль у зниженні впливу приватних будинків на довкілля. Основні технології включають:

1. Сонячні панелі: використання сонячних панелей для генерування електроенергії дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та знизити викиди парникових газів.

2. Сонячні колектори: використання сонячних колекторів для нагріву води є ефективним способом зниження споживання енергії для гарячого водопостачання.

3. Вітрові генератори: використання малих вітрових турбін для генерування електроенергії є доцільним у регіонах з високою вітровою активністю.

4. Геотермальні системи: використання тепла землі для опалення та охолодження будинків є одним з найбільш ефективних способів використання відновлюваних джерел енергії.

5. Біомаса: використання біомаси для генерування тепла та електроенергії є екологічно безпечним способом забезпечення енергією, особливо у сільській місцевості.

1.2.3. Екологічні матеріали та конструкції

Використання екологічних матеріалів та конструкцій є важливим аспектом екологізації приватних будинків [15-18]. Основні напрямки включають:

1. Натуральні будівельні матеріали: використання матеріалів, що не містять шкідливих хімічних речовин та мають низький вуглецевий слід. До таких матеріалів відносяться дерево, бамбук, солома, глина та інші.

2. Перероблені матеріали: використання матеріалів, що були піддані вторинній переробці, знижує навантаження на довкілля. Наприклад, перероблене скло, метал, пластик та інші матеріали можуть бути використані для будівництва та оздоблення.

3. Енергоефективні конструкції: проектування будинків з урахуванням принципів пасивного дизайну, що дозволяє знизити потребу в опаленні та охолодженні. До таких конструкцій відносяться пасивні будинки, будинки з низьким споживанням енергії та інші.

4. Локальні матеріали: використання матеріалів, що виробляються або добуваються в регіоні будівництва, зменшує витрати на транспортування та знижує вуглецевий слід будівництва.

1.3. Світовий досвід екологізації приватних будинків

Світовий досвід показує, що екологізація приватних будинків є не тільки можливим, але й необхідним напрямом розвитку сучасного будівництва. Розглянемо деякі з найуспішніших прикладів.

1. Пасивні будинки (Passive House): цей стандарт енергоефективного будівництва був розроблений у Німеччині. Пасивні будинки мають надзвичайно низькі потреби в енергії завдяки високоякісній теплоізоляції, герметичності та системам вентиляції з рекуперацією тепла. Вони можуть споживати до 90% менше енергії для опалення в порівнянні з традиційними будинками [26].

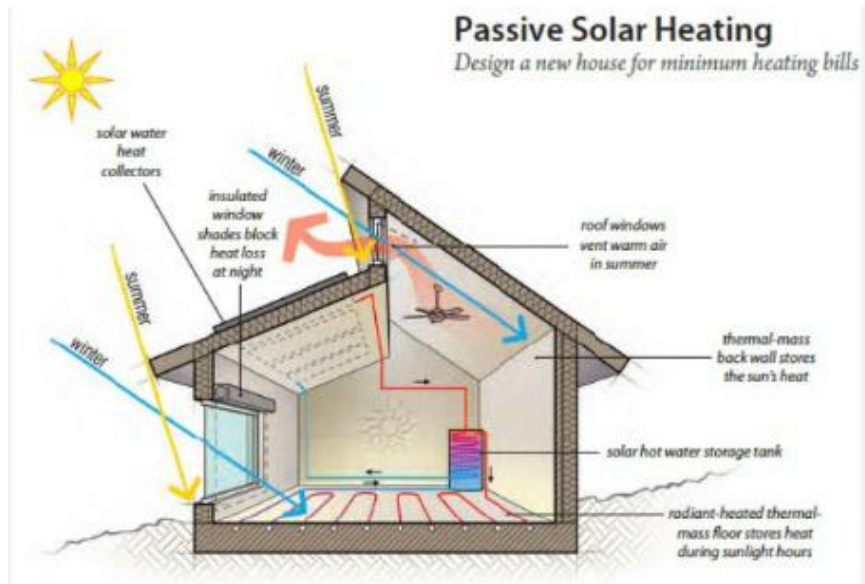


Рис. 2. Схема влаштування Passive House



Рис. 3. Реалізована ідея пасивного будинку

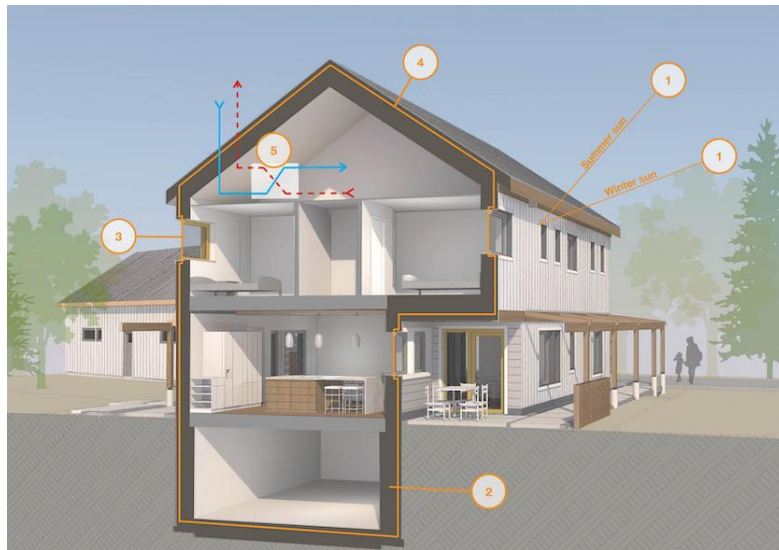


Рис. 4. Проєкт пасивного будинку.

2. Еко-селища: в багатьох країнах світу, таких як Болгарія, Данія, Швеція, Нідерланди та Канада, створюються еко-селища, де всі будинки побудовані з урахуванням принципів сталого розвитку. У таких селищах використовуються відновлювані джерела енергії, системи повторного використання води, екологічні матеріали та технології управління відходами [27-28].



Рис. 5. Екоселище в Болгарії



Рис. 6. Екоселище в Болгарії



Рис. 7. Екоселище під Амстердамом

3. LEED та BREEAM сертифікація: В США та Європі широко застосовуються стандарти LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) та BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).



BREEAM®



Ці стандарти передбачають комплексний підхід до екологізації будівель, включаючи енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, екологічні матеріали, водозбереження та інші аспекти.

Вони надають будівлям оцінку їхнього впливу на навколишнє середовище, зокрема у сфері енергетичної ефективності, водозбереження, якості внутрішнього середовища та використання матеріалів.

Система сертифікації LEED була розроблена в 1998 році в США некомерційною організацією U.S. Green Building Council (USGBC). Вона була створена з метою сприяння сталому будівництву та зменшення негативного впливу будівель на довкілля. LEED постійно оновлюється, щоб відповідати новим технологіям та методам у сфері екологічного будівництва [28-29].

BREEAM був розроблений у Великобританії в 1990 році Building Research Establishment (BRE). Це перша в світі система екологічної оцінки будівель, яка стала основою для багатьох інших сертифікаційних систем. BREEAM застосовується в різних країнах і адаптується до місцевих умов та стандартів.

LEED використовує систему балів для оцінки будівель за різними критеріями. Проект може отримати сертифікацію на чотирьох рівнях: Certified, Silver, Gold і Platinum. Основні категорії оцінки включають:

1. Енергетика та атмосфера (Energy & Atmosphere): енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії, управління енергоспоживанням.

2. Водозбереження (Water Efficiency): зменшення споживання води, ефективне управління водними ресурсами.

3. Матеріали та ресурси (Materials & Resources): використання екологічно чистих матеріалів, зменшення відходів.

4. Якість внутрішнього середовища (Indoor Environmental Quality): поліпшення якості повітря всередині приміщень, контроль над забрудненнями.

5. Місцезаположення та транспорт (Location & Transportation): доступ до громадського транспорту, зменшення транспортних витрат.

6. Стійкі місця розташування (Sustainable Sites): мінімізація впливу будівництва на навколишнє середовище, управління стічними водами.

7. Інновації в дизайні (Innovation in Design): використання інноваційних методів та технологій у будівництві.

BREEAM також використовує систему балів і категорії оцінки для визначення рівня сертифікації, які можуть бути: Pass, Good, Very Good, Excellent і Outstanding. Категорії BREEAM включають:

1. Менеджмент (Management): управління процесом проектування та будівництва, ефективне управління ресурсами.

2. Енергія (Energy): енергоефективність, використання відновлюваних джерел енергії.

3. Вода (Water): управління водними ресурсами, зменшення споживання води.

4. Матеріали (Materials): Вибір екологічно чистих матеріалів, утилізація відходів.

5. Здоров'я та добробут (Health & Wellbeing): Забезпечення комфортних умов для користувачів будівлі, якість внутрішнього повітря.

6. Транспорт (Transport): Доступність громадського транспорту, сприяння екологічно чистим видам транспорту.

7. Відходи (Waste): Управління відходами, зменшення утворення відходів.

8. Забруднення (Pollution): Зменшення викидів, управління забрудненнями.

9. Землекористування та екологія (Land Use & Ecology): Вплив на екосистеми, управління земельними ресурсами.

10. Інновації (Innovation): Впровадження інноваційних рішень у будівництві.

Обидві системи мають багато спільного, оскільки їхня мета полягає у сприянні сталому будівництву. Основні схожості включають:

- Система балів: обидві системи використовують систему балів для оцінки будівель за різними критеріями.
- Категорії оцінки: LEED та BREEAM мають схожі категорії оцінки, такі як енергоефективність, водозбереження, використання матеріалів тощо.
- Рівні сертифікації: обидві системи мають різні рівні сертифікації, які відображають ступінь екологічності будівлі.

Попри схожість, існують і значні відмінності між LEED та BREEAM:

- Географічний фокус: LEED була розроблена в США і має більшу популярність у Північній Америці, тоді як BREEAM була розроблена у Великобританії і широко використовується в Європі.
- Процес сертифікації: процес сертифікації LEED є більш стандартизованим і уніфікованим, тоді як BREEAM дозволяє більшу гнучкість та адаптацію до місцевих умов.
- Система балів: LEED має більш жорсткі вимоги до окремих категорій, тоді як BREEAM надає більше можливостей для отримання балів у різних категоріях.
- Кількість версій: BREEAM має більше версій, адаптованих до різних типів будівель і регіонів, що дозволяє краще враховувати специфічні умови.

Приклади реалізації

1. Bank of America Tower (Нью-Йорк, США): Один з перших хмарочосів, що отримав сертифікацію LEED Platinum. Будівля використовує системи енергозбереження, збору дощової води та має високоефективну вентиляцію.

2. Taipei 101 (Тайбей, Тайвань): Висотна будівля, яка отримала сертифікацію LEED Platinum за впровадження енергозберігаючих технологій та ефективне управління ресурсами.

3. One Angel Square (Манчестер, Великобританія): Офісна будівля, що отримала оцінку BREEAM Outstanding за використання відновлюваних джерел енергії та інноваційних технологій управління енергією.

2. The Edge (Амстердам, Нідерланди): Офісна будівля, яка отримала одну з найвищих оцінок BREEAM за впровадження розумних технологій управління будівлею та високий рівень енергоефективності.

З розвитком нових технологій, таких як інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та технології відновлюваної енергії, системи сертифікації LEED та BREEAM продовжуватимуть еволюціонувати. Інтеграція цих технологій дозволить підвищити ефективність управління будівлями та зменшити їхній вплив на довкілля.

Сертифікації LEED та BREEAM стають все більш популярними в різних частинах світу, включаючи Азію, Африку та Латинську Америку. Це сприяє глобальному поширенню екологічних стандартів та підвищенню усвідомлення важливості сталого розвитку [27-29].

З часом вимоги до сертифікації LEED та BREEAM стають більш жорсткими, що стимулює інновації та розвиток нових підходів у сфері екологічного будівництва. Це допомагає забезпечити постійне підвищення стандартів екологічної ефективності та зменшення негативного впливу на довкілля.

4. Будинки з нульовим енергоспоживанням (Zero Energy Homes): У деяких країнах, таких як США, Німеччина та Австралія, будуються будинки з нульовим або майже нульовим енергоспоживанням. Ці будинки генерують стільки ж енергії, скільки споживають, завдяки використанню сонячних панелей, вітрових генераторів та інших відновлюваних джерел енергії.



Рис. 10. Реалізований проєкт Smart Homes

1.4. Нормативно-правове забезпечення екологізації будівель в Україні

В Україні екологізація будівель також набирає обертів, хоча цей процес ще знаходиться на початковій стадії. Важливу роль у цьому відіграє нормативно-правове забезпечення, яке регулює вимоги до енергоефективності та екологічності будівель. Основні нормативно-правові акти включають:

1. Закон України "Про енергетичну ефективність будівель": цей закон визначає основні вимоги до енергоефективності будівель, встановлює обов'язковість енергетичної сертифікації будівель та регулює порядок проведення енергетичних аудитів.

2. Національна стратегія з енергетичної ефективності: Ця стратегія визначає основні напрями розвитку енергоефективності в Україні, включаючи підвищення енергоефективності будівель, розвиток відновлюваних джерел енергії та зменшення енергоспоживання у житловому секторі.

3. Державні будівельні норми (ДБН): в Україні діють ДБН, що регулюють вимоги до проектування, будівництва та експлуатації будівель з урахуванням енергоефективності та екологічності. Зокрема, ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель" встановлює вимоги до теплоізоляції

конструкцій, а ДБН В.2.5-20:2018 "Газопостачання" регулює використання енергоефективних систем опалення.

4. Програми державної підтримки: в Україні діють програми державної підтримки енергоефективних заходів, такі як "теплі кредити", що надаються на утеплення будинків, встановлення енергоефективних вікон, систем опалення та інших заходів.

5. Міжнародні зобов'язання: Україна є учасником міжнародних угод та програм з підвищення енергоефективності та зменшення викидів парникових газів, таких як Паризька угода та Програма підтримки енергоефективності в країнах Східного партнерства.

РОЗДІЛ 2

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРИВАТНИЙ БУДИНОК

2.1. Технології відновлюваної енергії для приватних будинків

Використання відновлюваних джерел енергії в приватних будинках є ключовим аспектом їх екологізації. Ці технології дозволяють зменшити залежність від викопних джерел енергії, знизити викиди парникових газів і зменшити витрати на енергію.

2.1.1. Сонячні панелі

Сонячні панелі (фотовольтаїчні системи) використовують сонячне випромінювання для генерації електроенергії. Встановлення таких систем на дахах приватних будинків є одним з найефективніших способів зниження енергоспоживання та впливу на довкілля.

Основні компоненти сонячної панелі:

1. Фотовольтаїчні модулі: складаються з фотоелементів, які перетворюють сонячну енергію на електричну.
2. Інвертор: перетворює постійний струм, який генерується панелями, на змінний струм, що використовується в побутових електромережах.
3. Монтажні конструкції: забезпечують надійне кріплення панелей на даху або на землі.
4. Системи зберігання енергії: акумулятори, які зберігають надлишкову електроенергію для використання у нічний час або в умовах низького сонячного випромінювання.

Переваги використання сонячних панелей:

- Економія на енерговитратах: сонячні панелі дозволяють значно знизити рахунки за електроенергію.
- Незалежність від енергопостачальників: можливість генерації власної електроенергії.

- Екологічна безпека: відсутність викидів шкідливих речовин та парникових газів.

- Довговічність: сонячні панелі мають тривалий термін служби (більше 25 років).

Вартість встановлення сонячних панелей:

Таблиця 1. Вартість встановлення сонячних панелей для приватного будинку

Компонент	Вартість, грн
Фотовольтаїчні модулі (5 кВт)	50 000
Інвертор	15 000
Монтажні конструкції та роботи	10 000
Акумулятори (10 кВт·год)	20 000
Загальна вартість	95 000

2.1.2. Сонячні колектори

Сонячні колектори використовуються для нагріву води, що дозволяє зменшити витрати на гаряче водопостачання та опалення [10-13].

Типи сонячних колекторів:

1. Плоскі колектори: мають просту конструкцію, високий ККД і відносно низьку вартість.

2. Вакуумні трубчасті колектори: забезпечують високу ефективність навіть при низьких температурах і малому сонячному випромінюванні.

Переваги використання сонячних колекторів:

- Економія енергоресурсів: зменшення витрат на газ або електроенергію для нагріву води.

- Зниження викидів CO₂: використання сонячної енергії замість викопних палив.

- Довговічність: термін служби понад 20 років.

Приклад розрахунку встановлення сонячного колектора:

Припустимо, що сім'я з 4 осіб використовує 200 літрів гарячої води на день. Для цього необхідно встановити сонячний колектор з площею поглинальної поверхні близько 4 м².

Таблиця 2. Вартість встановлення сонячного колектора

Компонент	Вартість, грн
Плоский колектор (4 м ²)	10 000
Бойлер на 200 літрів	5 000
Монтажні роботи	3 000
Загальна вартість	18 000

2.1.3. Вітрові генератори

Вітрові генератори використовують енергію вітру для генерації електроенергії. Це ефективне рішення для регіонів з високою вітровою активністю.

Основні компоненти вітрового генератора:

1. Вітротурбіна: складається з лопатей, що обертаються під дією вітру, та генератора, який виробляє електроенергію.
2. Щогла: забезпечує встановлення турбіни на необхідній висоті.
3. Контролер та інвертор: перетворюють енергію вітру на змінний струм, що використовується в побутовій електромережі.

Переваги використання вітрових генераторів [14-18]:

- Незалежність від мережі: можливість генерації електроенергії в умовах відсутності централізованого електропостачання.

- Екологічна безпека: відсутність викидів шкідливих речовин.

Недоліки:

- Залежність від вітрових умов: ефективність залежить від середньорічної швидкості вітру.

- Високі початкові витрати: значна вартість встановлення та обслуговування.

2.2. Системи збирання та використання дощової води

Системи збирання та використання дощової води дозволяють зменшити споживання питної води та знизити витрати на водопостачання. Основні компоненти таких систем включають:

1. Дощовий резервуар: ємність для зберігання зібраної дощової води.
2. Фільтраційна система: очищує воду від забруднень перед використанням.
3. Система розподілу води: включає насоси та труби для доставки води до споживачів.

Переваги систем збирання дощової води [1-5]:

- Зниження витрат на водопостачання: використання дощової води для поливу, змиву в унітазах та інших потреб.
- Зниження навантаження на каналізаційну систему: зменшення об'ємів стічних вод.

2.3. Використання екологічних будівельних матеріалів

Екологічні будівельні матеріали сприяють зниженню негативного впливу на довкілля та покращенню якості життя мешканців. Основні види таких матеріалів включають:

1. Натуральні матеріали: дерево, глина, солома, бамбук, що не містять шкідливих хімічних речовин і мають низький вуглецевий слід.
2. Перероблені матеріали: використання матеріалів, що були піддані вторинній переробці, таких як перероблене скло, метал, пластик.
3. Локальні матеріали: використання матеріалів, що виробляються або добуваються в регіоні будівництва, зменшує транспортні витрати та викиди CO₂.

Переваги використання екологічних будівельних матеріалів:

- Зниження впливу на довкілля: менше викидів парникових газів, зменшення утворення відходів.

- Покращення здоров'я мешканців: відсутність шкідливих речовин у матеріалах, поліпшення якості повітря в приміщеннях.
- Енергоефективність: багато екологічних матеріалів мають високі теплоізоляційні властивості, що сприяє зниженню енерговитрат на опалення та охолодження.

Таблиця 4. Приклади екологічних будівельних матеріалів та їх характеристик

Матеріал	Характеристики	Вартість, грн за м ²
Дерево	Натуральний, високі теплоізоляційні властивості	300-500
Глина	Натуральний, високі теплоізоляційні властивості	100-200
Солома	Натуральний, високі теплоізоляційні властивості, низька вартість	50-100
Перероблене скло	Використання відходів скла, високі теплоізоляційні властивості	400-600
Перероблений метал	Використання відходів металу, висока міцність та довговічність	200-400

2.4. Технології повторного використання води

Впровадження технологій повторного використання води є важливим аспектом екологізації приватних будинків. Ці технології дозволяють зменшити споживання питної води та знизити навантаження на каналізаційну систему.

2.4.1. Системи повторного використання води після миття рук для бачків унітазів

Однією з простих та ефективних технологій є використання води після миття рук для змиву в унітазах. Це дозволяє зменшити споживання питної води та знизити витрати на водопостачання.

Основні компоненти системи:

1. Мийка з подвійним зливом: спеціальна мийка, що поєднує в собі умивальник та бачок унітаза.
2. Фільтраційна система: очищує воду від механічних забруднень перед подачею в бачок.
3. Система трубопроводів: забезпечує подачу води з мийки в бачок унітаза.

Переваги системи:

- Економія води: значне зниження споживання питної води.
- Простота встановлення: не потребує значних змін в існуючій системі водопостачання та каналізації.

2.4.2. Технології очищення та повторного використання води для поливу

Використання очищеної води для поливу є ще одним ефективним способом зниження споживання питної води. Для цього застосовуються різні технології очищення води, такі як механічна фільтрація, біологічне очищення та ультрафіолетове знезараження [18-20].

Основні компоненти системи:

1. Фільтраційна система: механічні фільтри для видалення великих часток.
2. Біологічна очистка: використання біофільтрів для видалення органічних забруднень.
3. Ультрафіолетове знезараження: знищення мікроорганізмів за допомогою УФ-випромінювання.
4. Резервуар для зберігання очищеної води: ємність для зберігання води перед використанням.

Переваги системи:

- Економія питної води: значне зниження споживання питної води для поливу.
- Зменшення стічних вод: зниження обсягів стічних вод, що відводяться в каналізацію.

2.5. Приклади успішних проектів екологічних будинків в Україні

В Україні вже реалізовано кілька успішних проектів екологічних будинків, які демонструють можливість використання сучасних екологічних технологій у приватному секторі.

Приклад 1: Енергоефективний будинок у Київській області

Цей будинок обладнаний сонячними панелями, системою збирання дощової води та використання екологічних будівельних матеріалів.

Характеристики проекту:

- Сонячні панелі: потужність 10 кВт, забезпечують до 70% потреб будинку в електроенергії.
- Система збирання дощової води: резервуар на 10 000 літрів, використовується для поливу та змиву в унітазах.
- Екологічні матеріали: використання дерев'яних конструкцій та натуральних утеплювачів.



Рис. 11. Енергоефективний будинок під Києвом

Результати:

- Зниження енерговитрат: рахунки за електроенергію зменшились на 60%.
- Економія води: зменшення споживання питної води на 50%.
- Покращення якості повітря: відсутність шкідливих хімічних речовин у будівельних матеріалах.

Приклад 2: Пасивний будинок у Львівській області

Пасивний будинок використовує мінімум енергії для опалення та охолодження завдяки високій теплоізоляції та використанню відновлюваних джерел енергії.



Рис. 12. Пасивний будинок у Львівській області

Характеристики проекту:

- Висока теплоізоляція: використання енергоефективних вікон та товстих шарів утеплювача.
- Сонячні колектори: система нагріву води для опалення та гарячого водопостачання.
- Система вентиляції з рекуперацією тепла: забезпечує свіже повітря з мінімальними втратами тепла.

Результати:

- Мінімальні енерговитрати: витрати на опалення знижені на 90%.
- Комфортні умови проживання: стабільна температура та якість повітря в будинку.
- Екологічність: зменшення викидів CO₂ завдяки використанню відновлюваних джерел енергії.

Отже, впровадження екологічних технологій у приватних будинках дозволяє значно знизити споживання енергії та води, зменшити викиди парникових газів та покращити якість життя мешканців. Використання сонячних панелей, сонячних колекторів, вітрових генераторів, систем збирання дощової води, екологічних будівельних матеріалів та технологій повторного використання води є ефективними засобами екологізації житлових будинків. Успішні приклади реалізації таких проектів в Україні свідчать про можливість їх впровадження та досягнення значних екологічних та економічних переваг.

Розділ 3

РОЗРАХУНКИ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Всі розрахунки ми здійснювали для приватного будинку, який розташовано в умовах Кіровоградської області.

Вартість ресурсів є актуальною на момент виконання кваліфікаційної роботи, але останні тенденції показують їх постійне зростання.

В якості розрахункової одиниці при розрахунках термінів окупності брали 1\$, тому що в основному ціни на сайтах постачальників сонячних панелей, колекторів та іншого обладнання прив'язані до долара.

3.1. Розрахунок встановлення сонячних панелей

3.1.1. Вибір обладнання

Для ефективного впровадження сонячних панелей у приватний будинок необхідно ретельно підібрати відповідне обладнання. Основними компонентами сонячної енергетичної системи є:

- Сонячні панелі (фотоелектричні модулі)
- Інвертори
- Системи монтажу
- Кабелі та роз'єми
- Акумулятори (опціонально для систем зберігання енергії)

Вибір сонячних панелей

Сонячні панелі бувають кількох типів: монокристалічні, полікристалічні та тонкоплівкові.

Монокристалічні панелі мають найвищу ефективність, але вони й найдорожчі.



Рис. Монокристалічні сонячні панелі

Полікристалічні панелі є менш ефективними, але доступнішими за ціною.

Полікристалічні фотомодулі виглядають досить незвично: у них неоднорідний синій колір. Це пов'язано із нерівномірною розподіленістю кристалів, а також наявністю певних домішків. Комірки квадратної форми, адже сировина кубічної форми. Також присутня невелика зернистість.

Полікристалічні панелі потребують більшої площі для установки.



Рис. Полікристалічні сонячні панелі

Тонкоплівкові (гнучкі) панелі мають найменшу ефективність, але можуть бути вигідними для великих площ.

Це фотоелектричний пристрій, в якому шар напівпровідника напилений на тонку підкладку. Загальна товщина токогенеруючого шару становить близько 1 мікрометра (0,001 мм). Перші зразки тонкоплівкових сонячних батарей виготовлялися з аморфного кремнію.

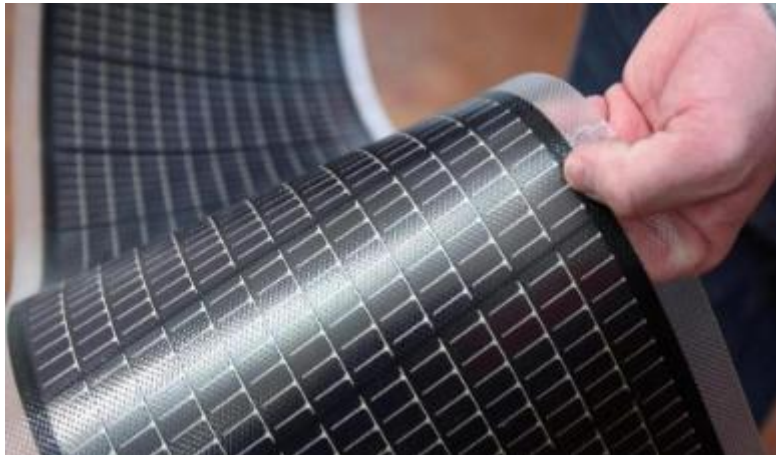


Рис. Тонкоплівкові (гнучкі) панелі

Для нашого проекту оберемо монокристалічні панелі, зважаючи на їхню високу ефективність та тривалий термін служби.

Вибір інверторів

Інвертор перетворює постійний струм (DC), вироблений сонячними панелями, на змінний струм (AC), що використовується в побутовій електромережі. Основні типи інверторів включають:

- Центральні інвертори
- Мікроінвертори
- Стрінгові інвертори

Для приватного будинку оптимальним варіантом є стрінговий інвертор, який забезпечує баланс між вартістю та ефективністю.



Рис. Стрінговий однофазний інвертор типу HYS-5k, 5 кВт

3.1.2. Розрахунок потужності та ефективності

Розрахунок необхідної потужності системи сонячних панелей базується на середньорічному споживанні електроенергії будинком. Припустимо, що середнє споживання електроенергії становить 500 кВт·год на місяць.

Розрахунок необхідної потужності:

$$P = \frac{E_{\text{річне}}}{H \times \eta}$$

де:

- P – необхідна потужність системи сонячних панелей, Вт
- $E_{\text{річне}}$ – річне споживання електроенергії, кВт·год
- H – середньорічна кількість сонячних годин, год
- η – ефективність системи (включаючи втрати на інверторі, кабелях тощо), %

Припустимо, середньорічна кількість сонячних годин для нашого регіону становить 1600 годин, а ефективність системи – 85%.

Річне споживання електроенергії:

$$E_{\text{річне}} = 500 \times 12 = 6000 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Необхідна потужність системи:

3.1.3. Витрати на встановлення та обслуговування

Оцінка витрат включає:

- Вартість сонячних панелей: \$0.8 за Вт
- Вартість інвертора: \$1000 за інвертор на 5 кВт
- Вартість монтажу та інших компонентів: \$2000

Таблиця 3.1. Вартість встановлення системи сонячних панелей

Компонент	Кількість	Вартість за одиницю (\$)	Загальна вартість (\$)
Сонячні панелі (4.41 кВт)	4410 Вт	0.8	3528
Інвертор	1	1000	1000
Монтаж та компоненти	-	-	2000
Загальна вартість			6528

3.1.4. Окупність інвестицій та економічна вигода

Річна економія на електроенергії:

Припустимо, що середня вартість електроенергії становить 0.15\$ за кВт·год.

$$\text{Річна економія} = 6000 * 0.15 = 900 \text{ $/рік}$$

Період окупності:

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Загальна вартість}}{\text{Річна економія}} = \frac{6528}{900} \approx 7.25 \text{ років}$$

Таким чином, система сонячних панелей окупиться приблизно за 7 років, після чого забезпечуватиме чистий прибуток.

3.2. Розрахунок встановлення сонячних колекторів для гарячого водопостачання

3.2.1. Вибір обладнання

Сонячні колектори для гарячого водопостачання можуть бути двох основних типів: плоскі та вакуумні.



Рис. Плоский сонячний колектор



Рис. Вакуумний сонячний колектор.

Вакуумні колектори мають вищу ефективність, особливо в холодну пору року, але вони є дорогими.

Для даного проекту оберемо вакуумні сонячні колектори, враховуючи їхню вищу ефективність.

3.2.2. Розрахунок необхідної потужності

Розрахунок базується на середньому споживанні гарячої води на одного мешканця. Припустимо, що в будинку проживають 4 особи, кожна з яких використовує 50 літрів гарячої води на день.

Розрахунок необхідної площі колекторів:

$$A = \frac{Q}{G \times \eta}$$

де:

- A – необхідна площа колекторів, м²
- Q – добове споживання енергії для нагріву води, кВт·год
- G – середня інсоляція, кВт·год/м²/день
- η – ефективність колекторів, %

Добове споживання енергії:

$$Q = 4 \times 50 \times 0.00116 \times (60 - 15) \approx 10.44 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Припустимо, середня інсоляція становить 5 кВт·год/м²/день, а ефективність колекторів – 60%.

Необхідна площа:

$$A = \frac{10.44}{5 \times 0.6} \approx 3.48 \text{ м}^2$$

3.2.3. Витрати на встановлення та обслуговування

Таблиця 3.2. Вартість встановлення сонячних колекторів

Компонент	Кількість	Вартість за одиницю (\$)	Загальна вартість (\$)
Вакуумні колектори (3.48 м ²)	4 м ²	300	1200

Монтаж та компоненти	-	-	1000
Загальна вартість	-	-	2200

3.2.4. Економія на енергоресурсах

Річна економія на енергоносіях:

Припустимо, що вартість енергії для нагріву води становить \$0.05 за кВт·год.

$$\text{Річна економія} = 10.44 * 365 * 0.05 = 190 \text{ $/рік}$$

Період окупності:

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Загальна вартість}}{\text{Річна економія}} = \frac{2200}{190} \approx 11.58 \text{ років}$$

Таким чином, система сонячних колекторів окупиться приблизно за 11.5 років.

3.3. Розрахунок впровадження систем повторного використання води

3.3.1. Вибір обладнання та системи

Для впровадження системи повторного використання води обираємо наступні компоненти:

- Система збору дощової води
- Фільтраційна система
- Резервуари для зберігання води
- Насосна система



Рис. Система збору дощової води

3.3.2. Розрахунок витрат на встановлення та обслуговування

Таблиця 3.3. Вартість впровадження системи повторного використання води

Компонент	Кількість	Вартість за одиницю (\$)	Загальна вартість (\$)
Система збору дощової води	1	500	500
Фільтраційна система	1	800	800
Резервуари для зберігання	2	400	800
Насосна система	1	600	600
Монтаж та інші компоненти	-	-	1000
Загальна вартість	-	-	3700

3.3.3. Економія водних ресурсів та зменшення витрат на водопостачання

Річна економія на воді:

Припустимо, що середнє споживання води становить 150 літрів на людину в день. Враховуючи повторне використання дощової води для поливу та технічних потреб, можна скоротити споживання на 30%.

Річна економія:

$$\text{Річна економія} = 4 \times 150 \times 0.3 \times 365 \times 0.001 \approx 65.7 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Припустимо, що вартість води становить \$10 за м³.

$$\text{Річна економія} = 65.7 * 10 = 650.7 \text{ $/рік}$$

Період окупності:

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Загальна вартість}}{\text{Річна економія}} = \frac{3700}{650.7} = 5,6 \text{ років}$$

3.4. Порівняльний аналіз різних технологій екологізації

Таблиця 3.4. Порівняльний аналіз технологій

Технологія	Загальна вартість (\$)	Річна економія (\$)	Період окупності (років)
Сонячні панелі	6528	900	7.25
Сонячні колектори	2200	190	11.58
Система повторного використання води	3700	65.7	56.3

3.5. Рекомендації щодо впровадження екологічних технологій у приватні будинки в Україні

Виходячи з проведеного аналізу, ми рекомендуємо впроваджувати сонячні панелі як найбільш економічно вигідну та ефективну технологію. Вони мають найкоротший період окупності та забезпечують значну економію на електроенергії.

Сонячні колектори також можуть бути вигідними для будинків з високим споживанням гарячої води, але їх окупність довша.

Системи повторного використання води мають найкоротший період окупності і вони є важливими для збереження водних ресурсів та можуть бути корисними в регіонах з дефіцитом води.

Для оптимізації витрат і підвищення ефективності ми рекомендуємо використовувати комплексний підхід, поєднуючи різні екологічні технології відповідно до потреб та можливостей будинку.

ВИСНОВКИ

1. Екологізація житлових будинків є однією з найважливіших складових сталого розвитку суспільства. Під цим поняттям розуміється процес застосування технологій, матеріалів та методів, які знижують негативний вплив на довкілля та покращують якість життя мешканців.

Екологізація житлових будинків сприяє зменшенню енергоспоживання, зниженню викидів шкідливих речовин, покращенню мікроклімату та підвищенню загального рівня комфорту.

2. Впровадження екологічних технологій у приватних будинках дозволяє значно знизити споживання енергії та води, зменшити викиди парникових газів та покращити якість життя мешканців. Використання сонячних панелей, сонячних колекторів, вітрових генераторів, систем збирання дощової води, екологічних будівельних матеріалів та технологій повторного використання води є ефективними засобами екологізації житлових будинків. Успішні приклади реалізації таких проектів в Україні свідчать про можливість їх впровадження та досягнення значних екологічних та економічних переваг.

3. Виходячи з проведеного аналізу, ми рекомендуємо впроваджувати сонячні панелі як найбільш економічно вигідну та ефективну технологію. Вони мають найкоротший період окупності та забезпечують значну економію на електроенергії.

Сонячні колектори також можуть бути вигідними для будинків з високим споживанням гарячої води, але їх окупність довша.

Системи повторного використання води мають найкоротший період окупності і вони є важливими для збереження водних ресурсів та можуть бути корисними в регіонах з дефіцитом води.

Для оптимізації витрат і підвищення ефективності ми рекомендуємо використовувати комплексний підхід, поєднуючи різні екологічні технології відповідно до потреб та можливостей будинку.

Список використаної літератури

1. Белкіна Н. І. Екологічні аспекти енергоефективного будівництва. – Харків: ХНУБА, 2019. – 320 с.
2. Борщевський В. В. Відновлювані джерела енергії у приватному будівництві. – Київ: Наукова думка, 2018. – 280 с.
3. Гречановський О. С. Зелені дахи та фасади: технології та приклади. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2020. – 350 с.
4. Деркач Т. П. Пасивні будинки: принципи проектування та будівництва. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 290 с.
5. Жуковський В. А. Системи водозабезпечення та водовідведення в екологічних будинках. – Київ: КНУБА, 2016. – 310 с.
6. Іванов М. В. Енергоефективні будівельні матеріали та їх використання. – Дніпро: ДНУ, 2019. – 340 с.
7. Кравчук О. І. Сонячна енергія в приватних будинках: технології та розрахунки. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2018. – 300 с.
8. Куліков П. І., та ін. Екологічні технології в будівництві: теорія і практика. – Київ: Видавництво НТУУ КПІ, 2020. – 280 с.
9. Левченко А. П. Екологічні системи опалення та кондиціонування. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 320 с.
10. Лісняк О. В. Біоенергетика в приватних будинках: сучасні підходи. – Полтава: ПНТУ, 2018. – 310 с.
11. Мельник І. В. Вітрові електростанції для приватних будинків: проекти та розрахунки. – Київ: Видавництво НАУ, 2019. – 290 с.
12. Олійник В. В. Екологічні аспекти утилізації відходів у приватних будинках. – Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2020. – 330 с.
13. Павленко С. М. Технології повторного використання води в будівництві. – Київ: КНУБА, 2017. – 320 с.
14. Петренко О. І. Екологічні будівельні матеріали: досвід та перспективи. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2018. – 310 с.

15. Пономаренко І. О. Енергоефективність у будівництві: теоретичні основи та практичні рішення. – Харків: ХНУБА, 2016. – 300 с.
16. Рибак В. М. Системи відновлюваної енергії для приватних будинків. – Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2019. – 280 с.
17. Сидоренко Л. П. Екологічні технології в сучасному будівництві. – Донецьк: ДНУБА, 2020. – 320 с.
18. Соловей О. Г. Технології енергоефективного будівництва: український досвід. – Київ: Видавництво НАУ, 2018. – 310 с.
19. Тимошенко М. В. Використання альтернативних джерел енергії у приватних будинках. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 330 с.
20. Харченко І. В. Енергоефективні рішення для приватних будинків. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. – 290 с.
21. Гусєв Ю. М. Екологічні аспекти зменшення енергоспоживання в приватних будинках. – Харків: ХНУБА, 2020. – 310 с.
22. Дмитренко А. О. Розробка та впровадження систем екологічного водопостачання. – Київ: КНУБА, 2018. – 280 с.
23. Зінченко П. І. Відновлювані джерела енергії: використання в приватних будинках. – Львів: ЛНУ, 2019. – 300 с.
24. Ковальчук В. М. Технології зеленого будівництва: сучасні рішення. – Київ: Наукова думка, 2020. – 310 с.
25. Левицький С. П. Екологічна інфраструктура приватних будинків: сучасні виклики. – Одеса: ОНПУ, 2017. – 290 с.
26. Ahmad, A., & Sheikh, M. I. (2017) Sustainable Home Design by Applying Passive Techniques: A Review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 73, 172-181.
27. Chan, H.-Y., & Tzempelikos, A. (2012) A Parametric Study of Daylighting and Energy Performance for Residential Buildings in Different Climates. Solar Energy, 86(9), 2397-2410.

28. Collins, M. R. (2004). Residential Photovoltaic Systems: Analysis of Additional Energy Losses. *Energy Conversion and Management*, 45(18-19), 2989-3005.
29. Gou, Z., Prasad, D., & Lau, S. S.-Y. (2013). Are Green Buildings More Satisfactory and Comfortable. *Building and Environment*, 67, 40-46.
30. Liu, Y., & Shukla, A. (2017). Comprehensive Review of the Impact of Green Roofs on Building Energy Performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 249-262.